

LA FORMACIÓN DEL INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN EN EL HORIZONTE DEL AÑO 2000

Fernando Sáez Vacas

Catedrático de la ETSI de Telecomunicación
de la Universidad Politécnica de Madrid

INTRODUCCIÓN

Vivimos tiempos en los que el ingeniero de telecomunicación es un bien escaso en relación con la demanda. Por tanto, se está multiplicando el número de Escuelas y se desarrollan otros esfuerzos complementarios. El sector de las telecomunicaciones está muy vivo, como lo está el conjunto de los sectores de la tecnología de la información. El déficit en técnicos es hoy por hoy uno de los factores limitativos. De esta forma, la cantidad de ingenieros que puede producir nuestro sistema educativo es prácticamente un parámetro crítico, y su calidad, nos guste o no, es algo objetivamente secundario. Son épocas de vacas gordas para las Escuelas.

Sin embargo, cada Escuela funciona agobiada por esta necesidad; pero sus recursos no le permiten aumentar su producción, que en realidad ya es una sobreproducción. Podemos hacer la hipótesis, que tal vez sea sólo un desiderátum (o una apuesta, o una intuición), de que en el año 2000 la oferta y la demanda se hayan equilibrado aproximadamente. Si es así, la búsqueda de la calidad, y en algunos casos la búsqueda de «excelencia», emergerá como el problema primordial de la formación de los ingenieros de telecomunicación. Hay otros condicionantes que nos invitan a pensar que, de todas formas, esa búsqueda será día a día más necesaria.

Cada uno, desde su atalaya particular, proyecta una idea de lo que es y, sobre todo, de lo que debe ser un ingeniero de telecomunicación. Todas las imágenes son a la vez adecuadas e inadecuadas. Lo seguro es que no se podrán construir todas ellas. Los tiempos son complejos, contradictorios y casi calidoscópicos. Como método de resolución de problemas se utiliza mucho el eclecticismo; pero yo diría que las soluciones a nuestros problemas, y especialmente a los que

se abordarán en este seminario, pertenecen al orden de lo homeopático, siempre que nos situemos en una exigencia de calidad, que es lo que yo al menos deseo para mi Escuela. Enfrentando un escenario semejante, habría que decidir sobre opciones delicadas, en las que, como ocurre con la homeopatía, dosis convenientes de una sustancia cura; pero, si te pasas, pueden intoxicarte.

Imagino que por estas fechas las diversas Escuelas se habrán especializado en uno o varios tipos de ingenieros de los muchos posibles, esto es, habrán creado su propio nicho formativo, una especie de molde. Esto ya ocurre en otros ámbitos, como podía leerse hace escasas semanas en *Business Week*, refiriéndose a las Escuelas de Negocios típicas de USA: las empresas saben allí que en el año 1990 los mejores titulados para Dirección General, salen de Harvard; los mejores para Marketing, de Northwestern; los mejores para Finanzas, de Wharton; los mejores para Producción, de Purdue, y así sucesivamente.

La pareja calidad/nicho formativo constituye una primera idea que hay que considerar y sobre la que volveremos más adelante. Una idea es un dispositivo intelectual para organizar la acción. En esta conferencia presentaré y justificaré algunos otros dispositivos parecidos; pero es obvio que, tanto por falta de capacidad como de tiempo, no abordaré un marco completo del programa objeto de este seminario y siempre me situaré en un plano muy general. Para algunos, seguramente demasiado general, especialmente porque además espero tocar determinados aspectos que, al menos, de partida, no forman parte del discurso habitual. Si consigo abrir un poco la sensibilidad de los participantes, ésta será mi contribución a los trabajos de este seminario.

CONDICIONES DE CONTORNO

A la hora de acometer la elaboración y puesta en marcha de nuevos planes de estudio, cualquiera de nuestras Escuelas tendrá que buscar sus soluciones dentro del espacio delimitado por sus recursos y por un cierto número de condiciones de contorno. Muy brevemente examinaré algunas de éstas, a las que habría de añadir la presión de la demanda anteriormente señalada y otras condiciones locales.

Enunciadas sin ninguna pretensión de prioridad, se leen así, agrupadas en tres bloques por simples razones de conveniencia:

1. Disposiciones oficiales sobre titulaciones y planes de estudio.
2. Europa 1993.

3. Evolución técnica de las telecomunicaciones.
4. Evolución social y económica.
5. Impacto de la tecnología.
6. Inexistencia de conocimientos canónicos.
7. Cambios en el perfil del trabajo de los ingenieros en el campo general de la electrotecnología.
8. Artículo 11 de la LRU.

Me parece importante resaltar ahora que, en un sentido nada trivial, los dos primeros bloques representan fuerzas dialécticamente enfrentadas. Podría decirse que el primer bloque asume la manifestación de una presión centrípeta o de integración, mientras que el segundo empuja centrífugamente hacia la diversificación.

Se mire como se mire, los resultados pretendidos con los primeros factores (primer bloque) se conjugan en términos de estandarización, vertebración (hasta las palabras lo denuncian: por ejemplo, materias troncales), homologación, etcétera. Dimanan de estrategias de gobierno o de control, que, naturalmente, persiguen reducir la variedad de las estructuras para poder manejarlas e intercambiarlas. Claramente, son medidas constrictivas, uniformizadoras.

El segundo bloque expresa, por el contrario, la variedad del mundo, la sofisticación, los millares de necesidades diversas, la falta de referencias seguras, la multiplicidad de los conocimientos y especialidades, en suma, la heterogenidad. Nos habla de complejidad e incertidumbre, y dibuja una demanda real, pero imposible de satisfacer por un plan de estudios. También pide diferenciación.

No podemos escapar a esta dialéctica de integración/diferenciación, que, tal como yo la estoy presentando, constituye otro dispositivo intelectual para la reflexión. Habrá que bucear en los entresijos del problema para detectar y aprovechar debidamente todos los grados de libertad. Pero, en cualquier caso, antes o después será necesario posicionarse al respecto.

Sin entrar en más detalles, que, por otro lado, es seguro que se suscitarán en los debates del seminario, ni en mayores comentarios sobre el resto de las condiciones de contorno arriba enunciadas, resulta obvio que en el último decenio de este siglo la sociedad se lo ha puesto difícil a sí misma y no solamente a su sistema educativo. La propia convocatoria de este seminario deja bien claro que todos entendemos que el sistema educativo es algo más que la universidad, y eso es un progreso indudable, porque se hace explícito el hecho de que la formación del ingeniero se inicia en las Escuelas y debe continuar después durante su vida activa. Está bien que todos asumamos

el desafío, desarrollemos conjuntamente una visión global y aceptemos la responsabilidad correspondiente.

Creo que asimismo deja claro el papel matriz de la universidad. Personalmente situado desde el principio en la hipótesis de que las Escuelas han de buscar la calidad, bajo unas condiciones de enorme presión, transformación y competencia europea y universal, me pronuncio por la idea que subtitula emblemáticamente esta conferencia, de que ante la magnitud del reto, es imprescindible reinventar la Escuela. A fin de cuentas, la Escuela, cada Escuela, si pretende jugar algún papel significativo y, por tanto, diferente al de la mera producción mecánica de titulados mejor o peor formados, si quiere innovar como ha de hacerlo cualquier empresa que aspire a sobrevivir (el título «reinventar la empresa» se le debe a Naisbitt) no tiene más remedio que autoorganizarse con nuevos y más exigentes principios. Con mayor motivo, si, como yo deseo para mi Escuela, se aspira a posiciones de liderazgo.

En lo que sigue analizaré algunas cuestiones que, a mi entender, habitualmente pasan desapercibidas o bien no son examinadas con la debida atención.

IDEAS ESTRATÉGICAS

La empresas tienen un ritmo operativo del día a día, de manera que hablar de estrategias de empresa es lo mismo que referirse a los criterios y decisiones que ordenan sus movimientos en una escala de medio plazo, esto es, en un orden de magnitud de tres a cinco años. Una Escuela es un organismo de metabolismo más lento, de modo que casi podría decirse que sus estrategias se corresponden con lo que en la empresa sería el largo plazo. Es importante tener en cuenta estos matices, porque constituyen una parte de la esencia de cada uno de estos sistemas y se trasladan a la definición de sus objetivos, organización y recursos.

Puede decirse que, en líneas generales, queda coherente considerar el horizonte del año 2000 como plazo para reinventar las Escuelas y no sería adecuado hacerlo en relación con las empresas, que disponen de menos tiempo. Para mí la coherencia aumenta porque la naturaleza de las ideas estratégicas que voy a exponer tiene un carácter casi intimista y, por ello, tal vez son más difíciles de percibir y llevar a la práctica.

A efectos didácticos, desglosaré el contenido de reinvención de la Escuela en tres niveles:

- Contenidos curriculares.
- Procesamiento de los contenidos.
- Organización de la Escuela.

Cada nivel se apoya en el siguiente. El primero, que es además el que emerge en la superficie, está en parte ya definido por el Ministerio, aunque queda mucho por hacer y, si no me equivoco, de él se hablará bastante en este seminario. Asignaturas, perfiles y áreas de especialización, distribución de materias y criterios de ponderación de teoría práctica constituyen sus componentes, y sobre él se proyectará una buena porción de las muchas imágenes que todos nos construimos de lo que debe ser un ingeniero. En lo que a mí concierne, me desentenderé de este nivel (en esta conferencia).

Es bien sabido que dos centros pueden estar impartiendo los mismos contenidos curriculares con muy distintos resultados. El plan de estudios es un papel con letras ordenadas por epígrafes, y nada más. Describe, por lo general de una manera suficientemente imprecisa, que hay que enseñar. Pero lo que cuenta de verdad es cómo se lleva a cabo ese cometido: la calidad de profesores y alumnos, el modelo educativo, la organización interna, los grados de exigencia, la riqueza y eficacia de los recursos, etc. Esto es lo que estoy entendiendo por «procesamiento de los contenidos», algo que señala un extraordinario principio de diferenciación. Me gustaría proponer como ejemplo explicativo el caso que conozco bien de la Escuela de Madrid, en la que este principio se ha materializado nítidamente en los estudiantes que han colaborado durante sus últimos cursos con la estructura de I+D. Ahora propondré profundizar más y con nuevos dispositivos intelectuales en este nivel de procesamiento.

Mucho del nivel anterior depende del tercer nivel, llamado «organización», al que dedicaré un comentario al final de la conferencia y que posee características de factor estratégico. Hasta entonces, sólo dejaré aquí apuntado que la estructura departamental interfacultativa generada por la LRU, que tanto tiene de positivo, contiene también el germen del debilitamiento y la pérdida de la coherencia.

Como primera aproximación de algunos elementos importantes que hay que considerar en la construcción del segundo nivel, establezco:

«**Silent partners**». Con este nombre, que podríamos traducir por «compañeros silenciosos», se refiere el científico y filósofo Polanyi a esos mecanismos mentales que, a lo largo de una larga formación, adquieren un conocimiento táctico normalmente no ligado a los contenidos concretos de esa formación, sino más bien a su estilo y método, y que tienen más que ver con capacidades (skills en inglés) cognitivas. Algo hay de esto en el ejemplo

de los estudiantes de hace unos momentos, cuyo entrenamiento activo especial les sigue marcando —a mi juicio— después de olvidar las técnicas específicas que han manejado.

Aprendizaje innovador. Definido por el Club de Roma como el aprendizaje que hay que construir frente a la complejidad del mundo moderno, se caracteriza por ser anticipador y participativo. Aconseja enfatizar los enfoques, los métodos de trabajo, la disciplina mental, es decir, las capacidades más que los contenidos, sobre todo la capacidad de aprender, más necesaria que ninguna otra ante un mundo rápidamente cambiante.

Contenidos versus capacidades. Los dos párrafos anteriores parecen conducirnos hacia la conveniencia de prestar gran atención al desarrollo de capacidades, algo que hoy por hoy no sabemos hacer de forma consciente en las Escuelas. Ya se aprecian indicios de que muchas empresas empiezan a valorar más la capacidad, es decir, el potencial, que el contenido. Según yo lo veo, las Escuelas deberían reducir y no aumentar sus contenidos, concentrarse en los contenidos básicos (lo que plantearía un enorme problema de selección) y aprender a desarrollar sistemáticamente determinadas capacidades en sus alumnos. Desgraciadamente, la normativa oficial y la cultura técnica vigente (incluyendo la mentalidad empresarial vigente, al menos en España) no favorecen la puesta en práctica de estrategia semejante.

Cultura propia. Cada Escuela tiene la posibilidad de resolver sus problemas y tomar sus decisiones dentro de unos grados de libertad. Aunque muchas cartas están ya distribuidas y son iguales para todas, no cabe esperar un perfil único de ellas, sino más bien estilos y formas de actuar diferentes, que llegarán a ser algo así como las señas de identidad de las Escuelas. La arquitectura real y el funcionamiento de los tres niveles arriba descritos, una vez estabilizados, constituirán en cada caso concreto lo que pudiéramos llamar la cultura de esa Escuela.

FALSAS DISYUNTIVAS Y DOSIFICACIONES SUTILES

Es frecuente encontrarse con conceptos binómicos y con más aristas. Aquí ya nos hemos encontrado con dos: «homologación/diferenciación» y «contenidos/capacidades». Entre ellos hay los que pudiéramos llamar falsas disyuntivas. La gente tiende a verlos como disyuntivas, pero no lo son. Dan lugar a practicar lo que en lenguaje de la calle se conoce por maniqueísmo y, en lenguaje matemático, la operación lógica OR.

Un caso habitual de falsa disyuntiva en la universidad es la alternativa «docencia/investigación». La cuestión es que no hay alternativa,

porque entonces se destruiría el mismo concepto de universidad, pero muchos lo creen.

También se dan otros conceptos frente a los que, aun no «viéndolos» como disyuntivos, se actúa como si lo fueran, bien porque en realidad no se toman habitualmente como conceptos binómicos, bien por escasez de recursos. Tal es el caso con binomios como «el fondo y la forma», o los dos recién citados y ya analizados anteriormente en este texto.

Lo que estoy proponiendo es, en primer lugar, explicitar y manejar en nuestro seminario conceptos binómicos (multipolares, más exactamente), que son más conformes con la complejidad del asunto tratado y se corresponden mejor con la categoría de dispositivos intelectuales; en segundo lugar, detectar y denunciar la falsedad disyuntiva de algunos de esos conceptos; en tercer lugar, que, aunque sólo sea por escasez de recursos, en la práctica los conceptos se convierten en un espacio continuo, tal vez un eje con dos polos extremos (uno representado por la docencia y otro por la investigación, en el ejemplo anterior) o en un triángulo, sobre el cual hay que elegir un punto; y en cuarto y último lugar, que, lo queramos o no, nos movemos en un hiperespacio de soluciones generado por este tipo de conceptos multipolares en el que se definirán los nichos que decíamos al principio, transformándose el problema en un asunto de elección de dosis adecuadas y de optimación de opciones y recursos.

A continuación resaltaré varias de las dimensiones de este hiperespacio:

Homologación/diferenciación. Ya vista.

Contenidos/capacidades. Ya vista.

Telecomunicación/electrónica/informática. Aunque las disposiciones oficiales establecen opciones diferenciadas, para mí es hoy día inconcebible un ingeniero de telecomunicación sin una base fuerte de estas tres componentes integradas, sin perjuicio de que en el interior de la titulación se puedan abrir diversas ramas de especialización. El ingeniero de telecomunicación es cada vez más el ingeniero de tecnología de la información, lo que es, por lo demás, una necesidad técnica y social.

Especialismo/generalismo. Esta cuestión casi siempre se ha acabado convirtiendo en una disyuntiva. No se trata de elegir un polo u otro, sólo es asunto de dosis, aunque, eso sí, bastante sutil. En tanto que concepto binómico muy complejo está relacionado con los demás, pero posee otros matices. Uno de ellos se refiere evidentemente a los contenidos como tales. Por poner un ejemplo, citemos las proporciones que el ABET (*Accreditation Board for Engineering*

and Technology) de EEUU establece para los programas de ingeniería: Matemáticas y Ciencias Básicas (25 %), Ciencias de la Ingeniería (25 %), Diseño de Ingeniería (12,5 %), Humanidades y Ciencias Sociales (12,5 %), y Optativas (25 %). Pienso que otro matriz se sitúa también en el mismo interior de esos contenidos y, por supuesto, del desarrollo de capacidades, que pueden abordarse con un concepto más general o más especializado: incluso podría tener que ver con la elección entre más información y más conocimiento. Como diría Schumacher: «No es la especialización lo que está en discusión, sino la falta de profundidad con que se presentan los contenidos, y la ausencia de preocupación metafísica. Se están enseñando las ciencias despreocupándose de sus presupuestos, del sentido y significación de las leyes científicas y del lugar que ocupan las ciencias naturales en el cosmos del pensamiento humano».

Tecnicismo/humanismo. Falsa disyuntiva. El impacto tecnológico ha llegado a ser de tal calibre que los aspectos sociales, económicos y ecológicos forman parte obligatoria de la formación del técnico. Habría que puntualizar que una manera muy conveniente de introducir las vertientes humanísticas consistiría en integrarlas en el estudio de las propias materias curriculares técnicas. Hoy, lo más corriente es que el ingeniero desconozca casi todo en este terreno o, en el mejor de los casos, tenga una impresión disociada, como de «maría».

Know-how/know-what/know-why. Trinomio aparentemente «disyuntivo». La enseñanza actual no «ve» más que el *know-how*. Muchos profesores ni siquiera saben que existen los otros polos, que son los vértices de un triángulo en donde se contiene el espacio actual de decisiones de esta dimensión.

Abstracción/realidad. En el segundo apartado de este texto se relaciona la «evolución del perfil de trabajo de los ingenieros» como una de las condiciones de contorno. Un estudio muy profundo ha puesto de manifiesto cómo, «al hacerse más complejas las tareas de la ingeniería y más sofisticadas las herramientas para afrontarlas, el trabajo del ingeniero eléctrico y electrónico se ha hecho más analítico y abstracto». Los métodos numéricos, la simulación informática, las herramientas CAD/CAM, los modelos matemáticos, las teorías de sistemas y los lenguajes formales se han ido imponiendo y lo seguirán haciendo. Fenómeno tal distingue a un ingeniero superior de otro que no lo es. Como contrapartida preocupante, también lo encierra en un mundo simbólico y lo separa de la realidad. De manera que una formación mínimamente equilibrada tiene que restañar este defecto. De ahí la emergencia de este eje en nuestra propuesta.

Información/expresión. Dimensión desconocida, se refiere a que el método educativo clásico seguido actualmente con los estudiantes es básicamente pasivo. El estudiante recibe continuamente información, pero no se le coloca

en la situación de sintetizarla, crear alguna nueva y expresarla bajo diferentes formas: proyectos, informes, seminarios, artículos, argumentaciones, etc. Un apartado importante de este polo expresivo tiene que ver con el desarrollo de capacidades de expresión, a las que en el mundo anglosajón se las llama *communications skills*. Hace muy pocos años, una encuesta del *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) demostró que los ingenieros en ejercicio colocaban estas capacidades como su principal y más sentida carencia. Y es que, cada día que pasa, el ingeniero se transforma más en un agente social.

Se me ocurre que es más que probable que algunos de los que lean esto piensen que complico demasiado las cosas. Les recuerdo que estoy razonando en términos de construcción a largo plazo, búsqueda de calidad y competencia fuerte. No soy partidario de introducir complejidad porque sí. A pesar de haber hablado de problemas de tres niveles, falsas disyuntivas e hiperespacios, hago más las palabras de Occam: «Si dos fórmulas de diferente longitud explican un fenómeno con igual mérito, la obra más corta es verdadera, falsa la otra». Invito a los participantes en el seminario a que inventen una fórmula más corta y no simplista, es decir, no falsa.

Otra cosa es que no seamos capaces de afrontar el fenómeno en su auténtica magnitud. Y en este sentido cabe dedicar unos últimos comentarios a la Organización de la Escuela, como motor y clave para fijar objetivos, para generar ideas y tomar decisiones en este o en otro hiperespacio, y para poner en marcha y soportar los procesos necesarios de cambio. El análisis debería abarcar, para ser completo, el sistema técnico, económico y político del que forma parte la Escuela (en particular, el sector empresarial).

LA ORGANIZACIÓN DE LA ESCUELA

Acerca de este asunto las noticias no son halagüeñas. Para empezar, la Universidad estatal no es un ente amenazado de extinción por falta de competitividad o de eficacia. Es, haga lo que haga, un sistema viable. Tiene la supervivencia garantizada.

Otros factores negativos con respecto a la incitación a estudiar y desarrollar cambios hiperespaciales, como los que aquí se han sugerido, son su estructura y el artículo 11 de la LRU.

La estructura es horizontal y muy laxa, característica inicialmente descrita como muy prometedora para la innovación de los libros de «management», si no fuera porque sus componentes humanos en este caso somos o llegamos a ser funcionarios vitalicios, provistos de un

salvoconducto muy agradable desde el punto de vista personal, que se llama libertad de cátedra. Esta situación nos proporciona algo muy parecido a una burbuja de autonomía. El resultado lógico tiende a ser equiparable en cuanto a rigidez y, juntándose por el extremo opuesto, al de las organizaciones muy jerarquizadas y verticales.

Siempre he visto el artículo 11 como un arma de doble filo. Su función básica es la de actuar de portillo a una compensación económica que corrija la injusticia retributiva de la universidad.

Estimula la competitividad y el ingenio, pero a la vez es una servidumbre y un peligro. Uno de sus efectos actualmente muy tangibles, y que atañe a la viabilidad de acometer un buen análisis de los cambios necesarios en las Escuelas, es que, si convenimos en considerar nuestra actividad como docentes e investigadores universitarios a lo largo de un hipotético eje «reflexión/acción», tiende a anular todo un tiempo de reflexión y a meternos hasta los ojos en la más trepidante acción. Un desequilibrio.

Así pues, reinventar la Escuela, de un asunto técnico, se transmuta en un asunto voluntarista. Podrá hacerse si consensuamos lealmente los miembros de la universidad y nos convencemos de que merece la pena romper un poco nuestras burbujas para una tarea que nos honre a todos. En caso contrario, conseguiremos lavar un poco la cara de las Escuelas, introducir los cambios mínimos para adaptarnos a las nuevas circunstancias. Algunos ya tenemos mucha técnica. Y además no hay problema: somos un sistema viable.

Por lo que concierne a la Escuela de Madrid, creo que hemos administrado, desarrollado y agotado hasta sus últimas consecuencias un modelo iniciado hace 25 años con Rogelio Segovia.

Según dicen, ha sido un buen trabajo, pero muy duro. Quizá ha llegado el momento de diseñar un nuevo modelo de la Escuela.

Ojalá que alguna de las ideas aquí expuestas sirva de ayuda, aunque sea molesta.